บทที่ 4

แบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาเกี่ยวกับการจำลองสภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ จ.กำแพงเพชร นี้ได้นำแบบจำลอง MODFLOW มาใช้ในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน โดยที่ในตัวโปรแกรมหลักของ MODFLOW นั้นประกอบไปด้วยโมดุลเล็กๆ หลายโมดุล ซึ่งในแต่ละกลุ่มของโมดุลถูกเรียกว่า ชุดการคำนวณ (Package) ดังนั้นในรายละเอียดของแบบจำลอง MODFLOW (Michael G. McDonald and Arlen W.Harbaugh, 1988) พอจะสรุปได้ดังนี้ (ภาคผนวก จ)

4.1 รายละเอียดของแต่ละ Package ในแบบจำลอง MODFLOW

แบบจำลอง MODFLOW ประกอบขึ้นด้วยชุดการคำนวณต่างๆ 10 ชุด ซึ่งในแต่ละชุดจะมีกระบวนการในการจัดการข้อมูลแตกต่างกัน จากนั้นแบบจำลอง MODFLOW จึงจะนำข้อมูลต่างๆ ในแต่ละชุดการคำนวณที่จัดเตรียมแล้วนำมาประมวลผล โดยที่รายละเอียดต่างๆ ในแต่ละชุดการคำนวณสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4-1 ถึง 4-2 โดยตารางที่ 4-1 แสดงถึงการทำงานของชุดการคำนวณ แต่ละชุดว่ามีหน้าที่ในการทำงานอย่างไร ส่วนในตารางที่ 4-2 แสดงถึงขั้นตอนในการปฏิบัติการของแต่ละชุดการคำนวณ โดยสามารถจัดกลุ่มของชุดการคำนวณได้ 3 กลุ่ม คือ Flow Component Packages Stress Packages และSolver Packages

4.2 โปรแกรมหลักและขั้นตอนการทำงาน

4.2.1 โปรแกรมหลักของแบบจำลอง MODFLOW

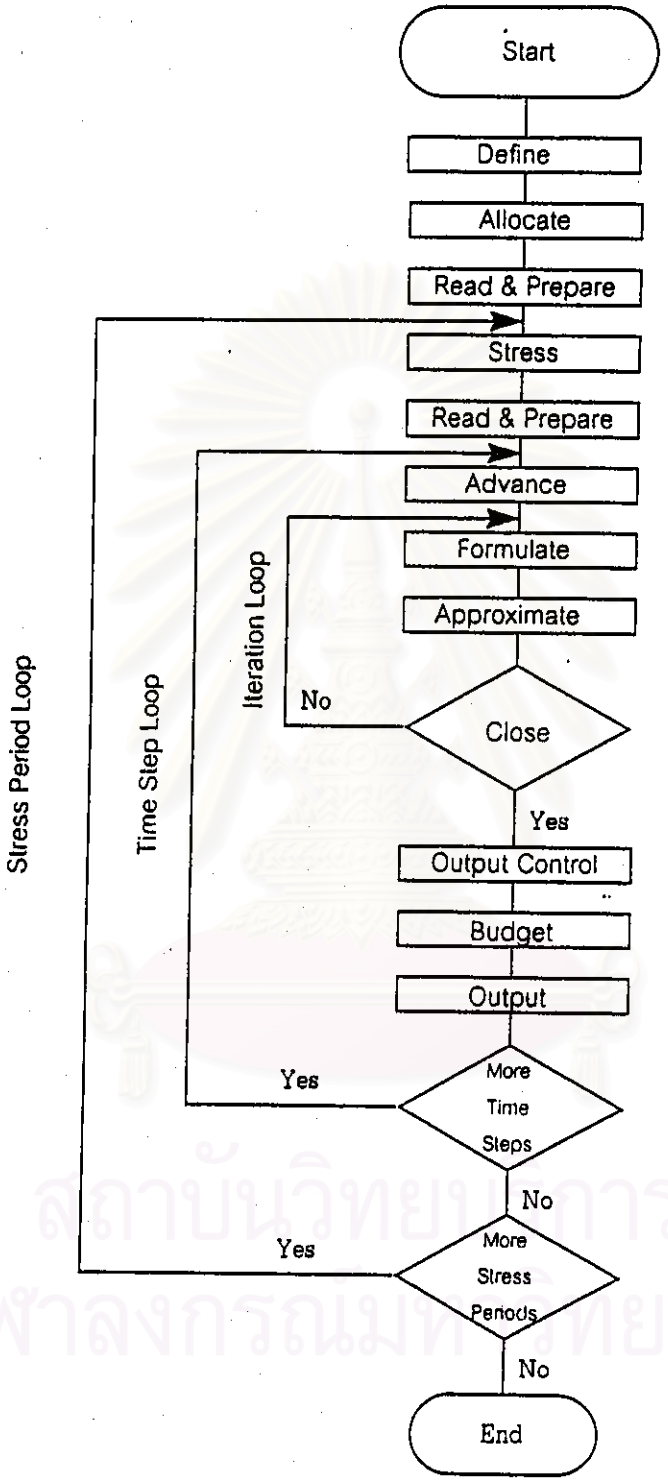
กระบวนการจัดการ เพื่อประมวลผลในแบบจำลอง MODFLOW ถูกแสดงได้ดังรูปที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดของชุดการคำนวณต่าง ๆ ของแบบจำลอง MODFLOW

ชื่อ Package	ตัวย่อ	รายละเอียดของชุดการคำนวณ
Basic	BAS	จัดการงานทั้งหมดของโมเดล เช่น การกำหนดขอบเขต , การกำหนดความยาวของ time step , การสร้างเงื่อนไขตั้งต้น และการพิมพ์ผลลัพธ์
Block-Centered Flow	BCF	คำนวณเทอมของสมการ finite-difference ซึ่งแทนที่การไหลผ่านตัวกลางรูพรุน : โดยเฉพาะการไหลจากเซลล์ไปเซลล์และการไหลเข้าไปใน storage
Well	WEL	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการไหลจากบ่อน้ำบาดาลในสมการ finite-difference
Recharge	RCH	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการกระจายพื้นที่เติมน้ำในสมการ finite-difference
River	RIV	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการไหลจากแม่น้ำในสมการ finite-difference
Drain	DRN	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการไหลจากการระบายน้ำในสมการ finite-difference
Evapotrans-piration	EVT	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทนการระเหยในสมการ finite-difference
General-Head Boundaries	GHB	เทอมที่เพิ่มเข้าไปแทน general-head boundary ในสมการ finite-difference
Strongly Implicit Procedure	SIP	วิธี iterative แก้ระบบของสมการ finite-difference โดยใช้ Strongly Implicit Procedure
Slice Successive Overrelaxation	SOR	วิธี iterative แก้ระบบของสมการ finite-difference โดยใช้ Slice-successive overrelaxation

ตารางที่ 4-2 องค์ประกอบของโมดุลต่างๆ ตามขั้นตอนการจัดการในแต่ละแพคเกจ

	Flow Component Packages								Solver Packages	
		Stress Packages								
Procedures	BAS	BCF	WEL	RCH	RIV	DRN	EVT	GHB	SIP	SOR
Define (DF)	X									
Allocate (AL)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Read & Prepare (RP)	X_U	X_{US}							X	X
Stress (ST)	X									
Read & Prepare (RP)			X	X_U	X	X	X_U	X		
Advance (AD)	X									
Formulate (FM)	X	X_S	X	X	X	X	X	X		
Approximate (AP)									X_S	X_S
Output Control (OC)	X									
Budget (BD)		X_{US}	X_U	X_U	X_U	X_U	X_U	X_U		
Output (OT)	X_U									



รูปที่ 4-1 โครงสร้างของโปรแกรมหลัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 ขั้นตอนในการทำงานของแบบจำลอง MODFLOW เพื่อประมวลผล

คาบเวลาของแบบจำลองถูกแบ่งออกเป็นลำดับของช่วงเวลาที่สนใจในการคำนวณ ซึ่ง external stresses ทั้งหมดจะคงที่ แต่ละ stress period อาจจะแบ่งออกเป็นลำดับของ time step ระบบของสมการ finite-difference ของรูปสมการที่ 3-25 ถูกสร้างขึ้นและแก้สมการที่แต่ละโหนด ที่จุดสุดท้ายของแต่ละ time step วิธีการหาคำตอบซ้ำใช้ในการแก้สมการเพื่อหาค่าระดับน้ำสำหรับแต่ละ time step ในสภาพจำลองหนึ่ง จะมี 3 nested loop คือ **stress-period loop** จะมี **time step loop** อยู่ข้างใน และใน time step loop ก็จะมี **iteration loop** อยู่ข้างใน รูปที่ 4-1 ช่องสี่เหลี่ยมในรูปแสดงถึงขั้นตอนการทำงาน ตัวอย่างเช่น ก่อนที่เข้าไปยัง stress period loop โปรแกรมจะดำเนินการ 3 ขั้นตอนก่อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทั้งหมด

— ***Define Procedure*** เป็นการกำหนดสภาพปัญหาที่จำลอง เช่น ขนาดของโมเดล ชนิดของแบบจำลอง (Transient หรือ Steady-state) จำนวนของ stress period แนวทางเลือกทางอุทกวิทยา และวิธีในการแก้ปัญหาที่ต้องการ

— ***Allocate Procedure*** เป็นจัดสรรตำแหน่งของหน่วยความจำ

— ***Read and Prepare Procedure*** เป็นส่วนที่ข้อมูลทั้งหมดที่ไม่ใช้ฟังก์ชั่นของเวลาจะถูกอ่าน ข้อมูลเหล่านี้อาจจะประกอบไปด้วยค่า เงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) ระดับน้ำเริ่มต้น (initial heads) Transmissivity Hydraulic Conductivity Specific Yield Storage Coefficients ระดับของผิวบนและผิวล่างของชั้นดินอุ้มน้ำชั้นต่างๆ และพารามิเตอร์ที่จำเป็นในวิธีการแก้ปัญหา และจัดเตรียมข้อมูลสำหรับขั้นตอนต่อไป

— Stress Procedure เป็นการกำหนดจำนวนของความยาวของช่วงระยะเวลาในการคำนวณในแต่ละ stress period และข้อมูลในการคำนวณความยาวของแต่ละช่วงจะถูกอ่านค่า

— *Read and Prepare Procedure* เป็นการอ่านค่าข้อมูลที่เกี่ยวกับ stress period เช่น อัตราการสูบน้ำ และพื้นที่เติมน้ำจะถูกอ่านและถูกเตรียมไว้ จากนั้นจึงเข้าสู่ time-step loop

— Advance Procedure ความยาวของช่วงระยะเวลาในการคำนวณจะถูกคำนวณ และค่าระดับน้ำ ของจุดเริ่มต้น จะถูกใช้ในการเริ่มคำนวณ iteration loop

— Formulate Procedure เป็นการหาค่า conductance และสัมประสิทธิ์ต่างๆ สำหรับแต่ละโหนด ที่จำเป็นโดยสมการที่ 3-25

— Approximate Procedure ซึ่งประมาณคำตอบของระบบสมการเชิงเส้นของค่าระดับน้ำ การทำซ้ำจะทำต่อเนื่องไปจนกระทั่งทำไปถึงค่าสูงสุดของการคำนวณซ้ำที่ยอมให้ ที่จุดสุดท้ายของ iteration loop หรือคำนวณจนไปถึงค่าผิดพลาดที่กำหนด

— Output Control Procedure เป็นการกำหนดความต้องการของข้อมูลที่คำนวณได้ เช่น ค่าระดับน้ำที่คำนวณได้ เทอมงบดุล (budget term) และการไหลของเซลล์ต่อเซลล์ (cell-by-cell flow terms) ซึ่งจะถูกบันทึกไว้

— Output Procedure เป็นการแสดงผลที่คำนวณได้ทั้งหมดที่กำหนดไว้ใน Output Control Procedure

4.3 รูปแบบของการป้อนข้อมูล (Input Data) ในแบบจำลอง MODFLOW

ในแบบจำลองถูกประกอบขึ้นด้วยชุดการคำนวณ(Package)10 ชุดการคำนวณซึ่งในแต่ละชุดการคำนวณ ก็จะมีรูปแบบของการป้อนข้อมูลแตกต่างกันไป แต่เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ชุดการคำนวณ 7 ชุด มาใช้ในการศึกษา สามารถสรุปรายละเอียดหลักของข้อมูล Input ในแต่ละชุดการคำนวณได้ดังนี้

Input File	ข้อมูลที่ต้องการ
BAS	จำนวนชั้น แถว หลักของ Aquifer เวลา ค่าระดับน้ำเริ่มต้น จำนวน Stress period จำนวน time step การกำหนดขอบเขต ฯลฯ
BCF	สภาพของการจำลอง ชนิดของ Aquifer ค่า Transmissivity ค่า Storage Coefficient ค่า Hydraulic Corductivity ฯลฯ
WEL	จำนวนของบ่อบาดาล อัตราการสูบน้ำ ตำแหน่งต่างๆ ของบ่อบาดาล ฯลฯ
RCH	พื้นที่ในการเติมน้ำ อัตราการเติมน้ำให้กับ Aquifer ฯลฯ
RIV	ระดับน้ำในแม่น้ำ ความกว้างของลำน้ำ ระดับท้องน้ำ ฯลฯ
GHB	ค่าระดับน้ำบาดาลในชั้น Aquifer ต่างๆ ฯลฯ
SIP	กำหนดค่า Iteration ในแต่ละ Time Step การกำหนดค่าความละเอียดของการคำนวณ ฯลฯ
Output	กำหนดค่า Out put ที่ต้องการ

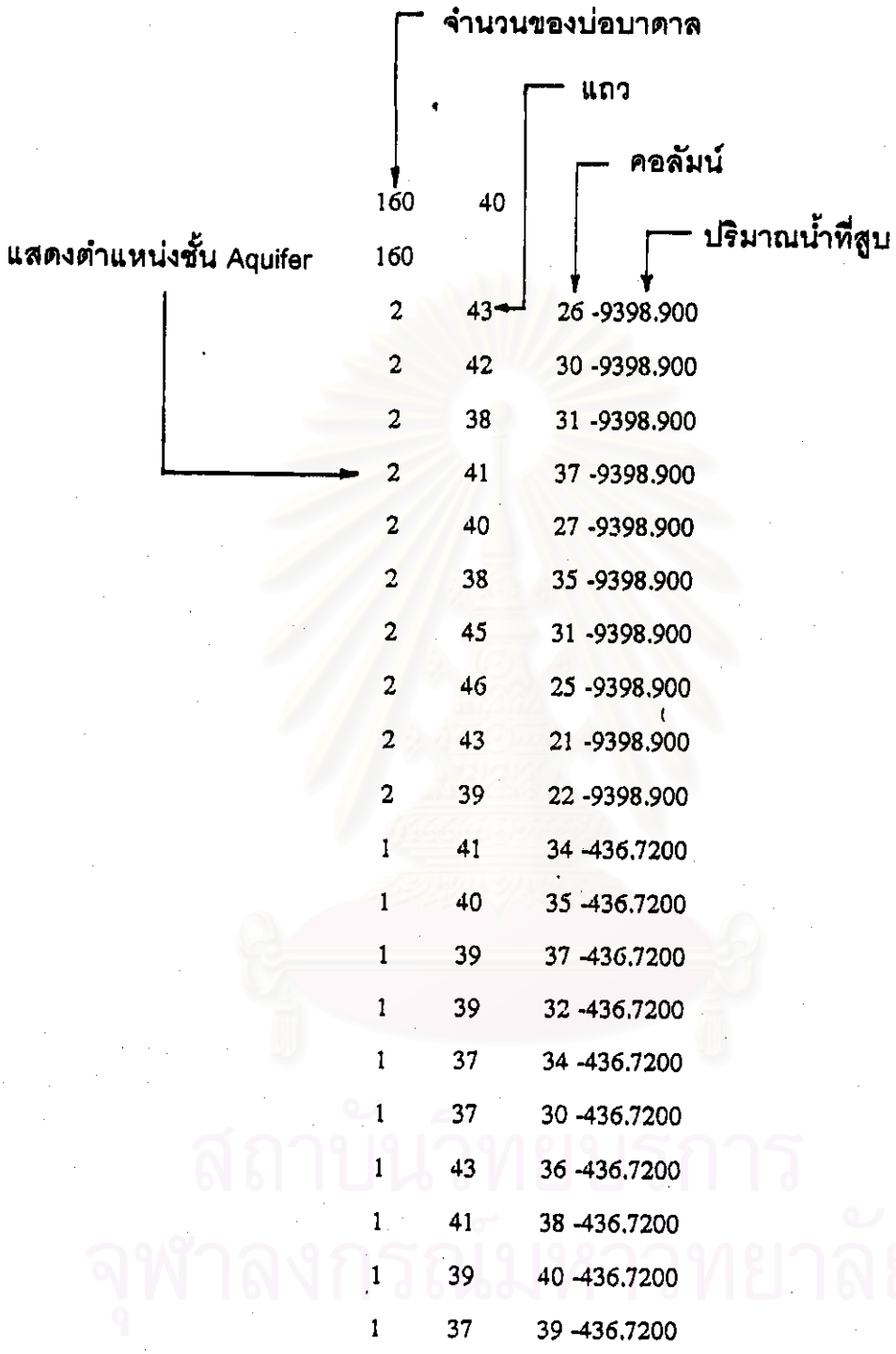
4.4 แบบจำลอง GMS

ในการศึกษาครั้งนี้นอกจากจะได้ใช้แบบจำลอง MODFLOW มาใช้ในการศึกษาถึงพฤติกรรมของน้ำใต้ดินแล้วยังได้นำแบบจำลอง GMS (Groundwater Modeling System) มาใช้ประกอบด้วย

เนื่องจากในแบบจำลอง GMS ประกอบขึ้นด้วยโมดุลหลายโมดุล ซึ่งในแต่ละโมดุลนั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ เพื่อช่วยในการจัดการข้อมูลต่างๆ ที่เป็นข้อมูลพื้นฐาน ที่จะใช้ในการคำนวณในแบบจำลอง MODFLOW ทำให้สะดวกในการป้อนข้อมูลต่างๆ โดยสามารถเลือกวิธีการป้อนข้อมูลได้ทั้งสองทาง คือ

4.4.1 สามารถป้อนข้อมูลโดยใช้รูปแบบในรูปที่ 4-2 ถึง 4-3 ป้อนเข้าทางแบบจำลอง MODFLOW

4.4.2 สามารถป้อนข้อมูลเข้าทางแบบจำลอง GMS โดยใช้ Map Module รูปที่ 4-4 จากนั้นจะนำข้อมูลเข้าไปคำนวณในแบบจำลอง MODFLOW



รูปที่ 4-2 แบบการป้อนข้อมูลของ Well Package

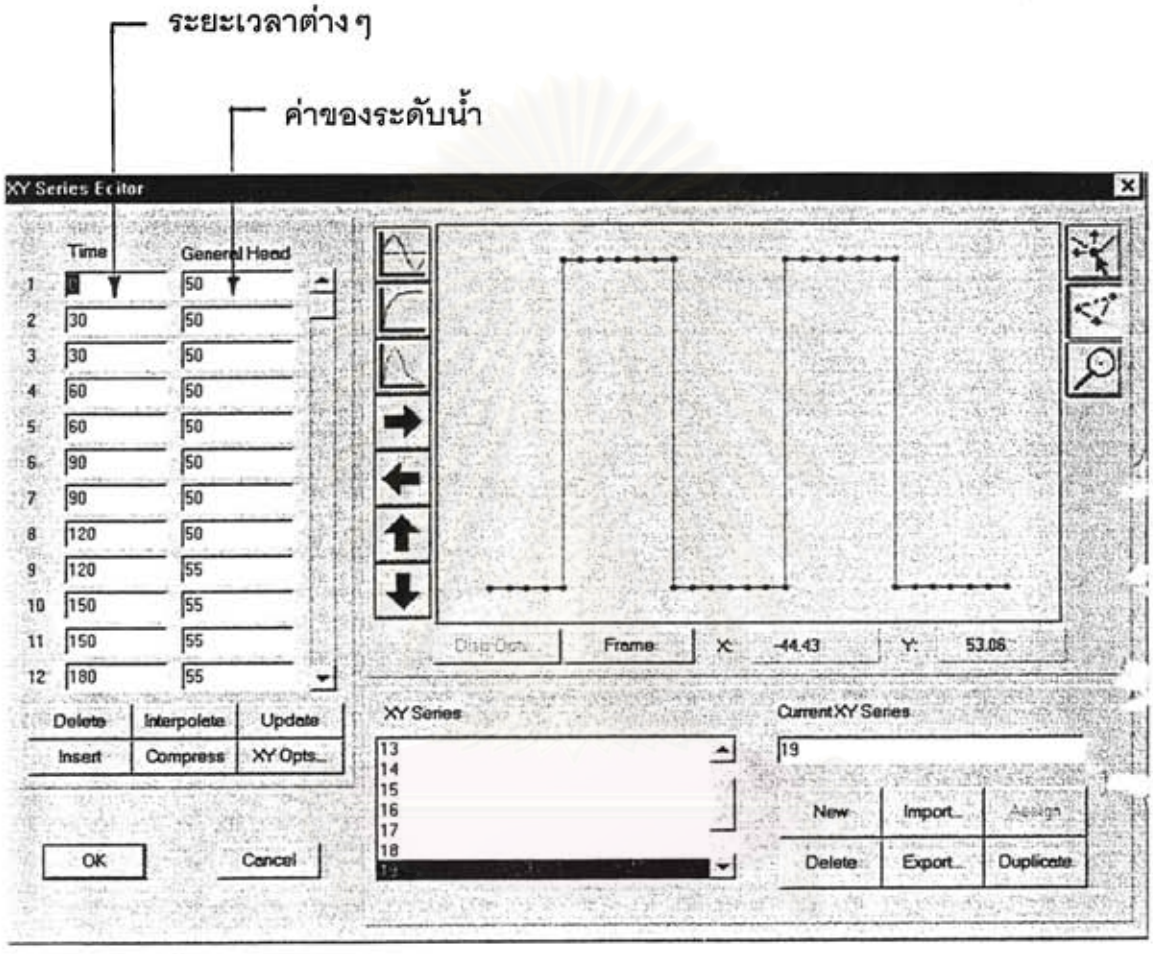
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำนวนกริดที่มีข้อมูล

แถว หลัก ค่าระดับน้ำ ค่า Conductance

109	40			
109				
1	41	41	40.573618	27.018573
1	41	40	42.141950	46.853017
1	41	39	44.337395	56.556890
1	42	39	47.141097	75.503132
1	42	38	49.700274	45.039271
1	42	37	51.919391	59.485584
1	43	37	54.510769	62.573543
1	44	37	57.167705	62.573543
2	45	37	61.923759	27.205190
1	12	42	49.889365	19.505813
2	12	42	49.889365	19.505813
1	13	42	49.424130	62.518632
2	13	42	49.424130	62.518632
1	14	42	48.714931	62.518632
2	14	42	48.714931	62.518632
1	15	42	48.168031	33.904064
2	15	42	48.168031	33.904064
1	15	43	47.703485	47.998838
2	15	43	47.703485	47.998838
1	15	44	47.158996	47.998838
2	15	44	47.158996	47.998838

รูปที่ 4-3 รูปแบบการป้อนข้อมูลของ River Package

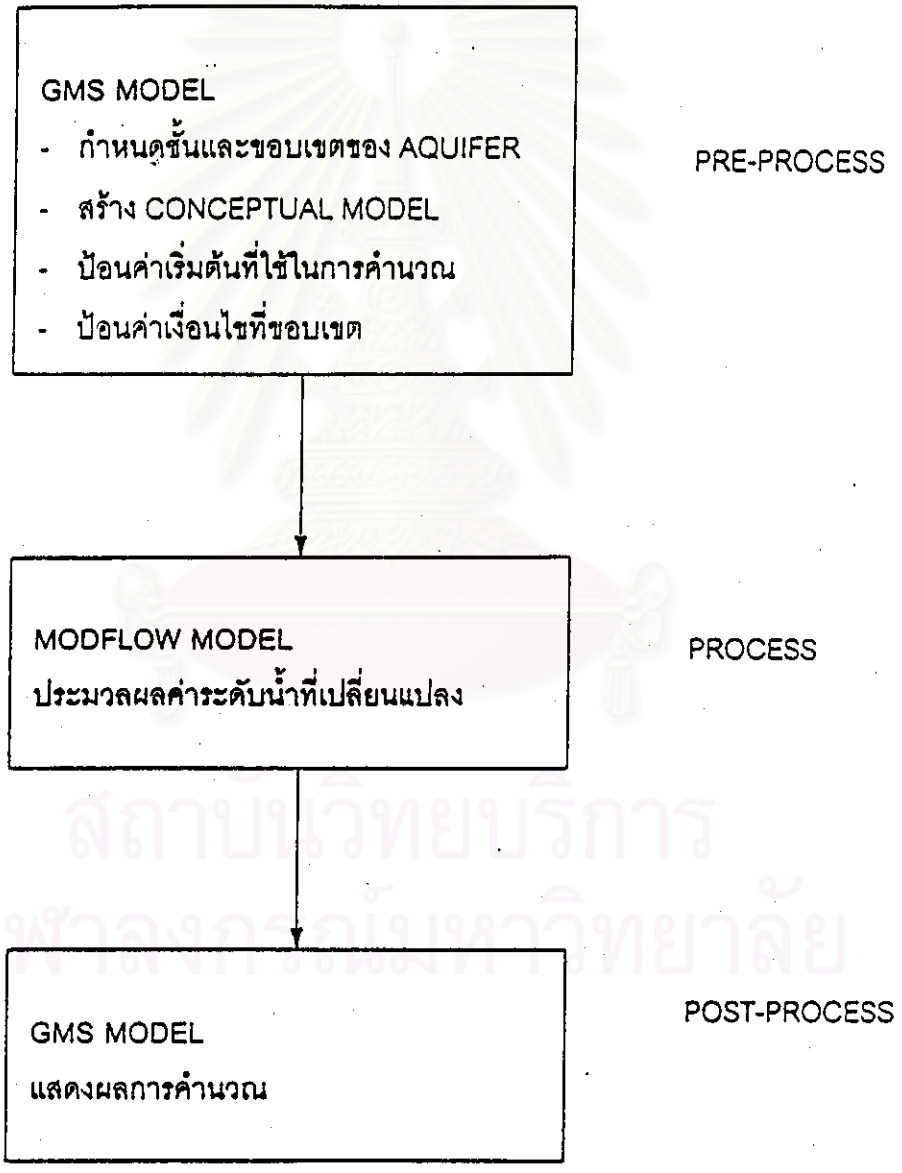


รูปที่ 4-4 รูปแบบการป้อนข้อมูลโดยผ่านแบบจำลอง GMS

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้แบบจำลอง GMS ยังมีประโยชน์ในด้านอุทกธรณี ทำให้สามารถกำหนดค่าระดับต่างๆ เช่น ระดับชั้นบน และชั้นล่างของชั้นหินอุ้มน้ำแต่ละชั้น ได้สะดวกจึงทำให้สามารถปรับเทียบกับข้อมูลทางภาคสนามได้อย่างชัดเจน โดยสามารถแสดงในรูปแบบของกราฟฟิค อีกทั้งในการแสดงผลการคำนวณที่ได้ก็สามารถแสดงผลในรูปแบบของกราฟฟิคได้เช่นเดียวกัน

ลักษณะการเชื่อมโยงข้อมูลของโปรแกรม GMS และ MODFLOW เป็นดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 ผังการทำงานรวมกันของแบบจำลอง MODFLOW และแบบจำลอง GMS